

Магистерская диссертация

Применение статистических методов к задаче оценки компетенций

Студент: Копытин Д. А., гр. 613, ФРТК, МФТИ

Научный руководитель: д. ф.-м. н. проф. Бернштейн А. В.

Введение

- **Компетенция** — способность проявить знания/умения/навыки в реальной жизни.
- **«Компетенционный профиль»** — запрос бизнеса и, как следствие, вузов.
- **Профессиограмма** — набор компетенций с уровнями владения, необходимыми для работы в профессии.
- Компетенции нужно развивать и оценивать.

Введение

Оценивание компетенций в крупных компаниях и ассесмент-центрах:

- оценка прямого начальника;
- оценка специалиста из HR-отдела;
- оценка, данная коллегами («360 градусов»);
- деловые игры.

Как правило, оцениваются от 3 до 15 компетенций.

Введение

Компетенции в российских вузах:

- Задача оценивания **200+ компетенций**.
- Оценить **компетенции** (по определению) можно или в реальной деятельности или в симуляторе.
- Методика — Метаигры (симулятор реальности).
- **Метаигра** = игровые сессии + онлайн-пространство.
- Участники — студенты из МИФИ, МГИМО, МГУ, МГТУ им. Баумана, ГУ ВШЭ и др.

Введение

Оценивание компетенций на Метаиграх:

- Для таких масштабов оценивания необходимо ПО (2 недели игры — до 10000 оценок).
- <http://devyourself.ru/> помогает автоматизировать оценивание.
- Результаты оценивания:
 - 1) компетенционные карты
 - 2) соответствие студента профиограммам
- На основе полученных данных можно улучшать процесс оценивания и решать задачи, которые ранее решить было невозможно.

Задачи

Задачи, решаемые в данной работе:

1. Оценивание группы студентов, сравнение групп.
2. Упрощение набора компетенций, используемого для оценивания.
3. Исследование структуры группы студентов.

Не только разовое исследование, но и возможность дать инструмент аналитику.

Исходные данные

Данные брались с нескольких Метаигр

Одна Метаигра — это:

- 60 — 120 студентов,
- 300 — 400 прецедентов,
- 4000 — 7000 оценок,
- 100 — 150 оцененных компетенций.

Решение

Созданы модули для devyourself.ru

Архитектура:

- Веб-интерфейс (HTML, доступно из браузера),
- MySQL — хранение данных,
- PHP — язык для логики,
- XSLT — шаблонизация,
- Wolfram Mathematica — ряд вычислительных задач.

Теперь более подробно о каждой задаче...

1. Оценивание групп

Задача 1. Оценивание группы студентов, сравнение групп.

1. Оценивание групп

Подход 1. Результаты по компетенции усредняем по группе.

- Усредняем компетенции, показываем среднее по каждой группе.
- Нужен доверительный интервал; тест Харки — Бера проходит, считаем распределение нормальным.
- Сравниваем количество студентов среди TOP N лучших.

Результаты:

- **Преимущество** — самая детальная информация.
- **Недостаток подхода** — не охватывается взглядом.

Радиационная безопасность человека и окружающей среды (расчет среднего — по 12 лучшим)

Компетенция	Участников с ненулевыми результатами (среди всех групп, т. е. из 47 человек)	Количество студентов среди 12 лучших по компетенции		Количество студентов с уровнем развития компетенции не менее 2 (способность)		0 склонность способность компетенция 3			
		Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7	0	1	2	3
1176. Знание биологического действия ионизирующих излучений на человека и другие живые объекты, генетических и соматических последствий облучения, проблемы малых доз и медицинских аспектов поражения большими дозами	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1177. Знание свойств и характеристик ионизирующих излучений	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1178. Знание математических методов описания полей ионизирующих излучений в средах	(3)	0	3	0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,3 ± 0,2
1179. Знание инженерных методов расчета защит от различных видов ионизирующего излучения	(3)	3	0	2	0				A7: 0,4 ± 0,4 Ф7: 0,0 ± 0,0
1180. Знание теоретических основ дозиметрии и микродозиметрии, основных понятий дозиметрии, требований к инструментальным методам дозиметрии	(5)	5	0	5	0				A7: 0,8 ± 0,5 Ф7: 0,0 ± 0,0
1181. Знание основных типов дозиметров, радиометров, спектрометров и иной аппаратуры, применяемой в радиационной физике, экологии и биологии	(5)	5	0	5	0				A7: 0,8 ± 0,5 Ф7: 0,0 ± 0,0
1182. Знание природы естественного и техногенно-измененного радиационного фона и его составляющих	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1183. Знание закономерностей миграции радионуклидов в природных средах, путей и закономерностей поступления радионуклидов в живой организм и закономерностей их аккумуляции	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3
1184. Знание принципов оценки риска, методов управления риском	(18)	8	4	9	6				A7: 1,6 ± 0,4 Ф7: 1,2 ± 0,5
1185. Знание принципов нормирования предельного облучения и предельно-допустимого содержания и поступления радионуклидов в организм	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3
1186. Знание последствий облучения на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, стохастических и детерминированных последствий облучения	(14)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,5 ± 0,3
1187. Владение методами расчета характеристик полей излучений любого вида по заданным параметрам источника	(4)	0	4	0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,3 ± 0,3
1188. Владение инженерными методами расчета биологической защиты источников ионизирующих излучений				0	0				A7: 0,0 ± 0,0 Ф7: 0,0 ± 0,0
1189. Умение планировать эксперименты по изучению закономерностей формирования радиационных полей	(1)	1	0	0	0				A7: 0,1 ± 0,2 Ф7: 0,0 ± 0,0
1190. Владение современными методами обработки данных эксперимента, умение оценивать погрешности расчетов и экспериментов	(22)	6	6	2	5				A7: 1,2 ± 0,2 Ф7: 1,3 ± 0,4
1191. Умение прогнозировать аварийные ситуации и их последствия для персонала, населения и окружающей среды	(12)	8	4	3	0				A7: 0,9 ± 0,4 Ф7: 0,3 ± 0,3

1. Оценивание групп



Подход 2. Соответствие профиограмме усредняем по группе.

- Выводим среднее соответствие профиограмме.
- Сравниваем количество «профессионалов» в группе.
- Сравниваем количество студентов среди TOP N лучших.

Результаты:

- **Преимущество** — визуально охватывается.
- **Недостаток** — нужны профиограммы (выполняется не всегда).

Соответствие групп студентов профиессиограммам

Легенда	
	— сильное преобладание одной группы над другой
	— слабое преобладание

ID	Профиессиограмма	Количество студентов среди 12 лучших по профиессиограмме или специализации		Количество студентов с соответствием профиессиограмме или специализации более 40%		% соответствия профиессиограмме по средним баллам	
		Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7	Группа А7	Группа Ф7
126	Архитектор систем автоматизации	5	7	0	1	11%	11%
128	Инженер конструктор электроники и автоматики	3	9	0	1	5%	10%
152	Инженер по безопасности я-э установок	6	6	2	1	21%	20%
138	Инженер по научным разработкам в области р.б.	8	4	3	0	12%	6%
129	Инженер по эксплуатации э. и а.ф.у.	6	6	0	2	11%	13%
124	Инженер разработчик технических систем	4	8	0	5	19%	24%
135	Инженер-конструктор в области р.б.	7	5	3	0	15%	8%
127	Инженер-технолог	4	8	6	11	30%	35%
133	Инженер-технолог в области р.б.	7	5	3	0	12%	4%
140	Менеджер - аналитик	3	9	9	10	37%	41%
139	Менеджер - управленец	4	8	9	12	33%	38%
141	Менеджер по персоналу	3	9	7	13	31%	40%
131	Прикладной программист	3	9	0	0	6%	11%
132	Программист аппаратной части	4	8	0	3	4%	11%
125	Программист систем автоматизации	4	8	1	4	15%	15%
121	Разработчик прикладных систем автоматизации	3	9	0	5	16%	21%
130	Разработчик программных комплексов	5	7	0	0	3%	8%
156	Разработчик систем безопасности я-э установок	4	8	0	0	16%	15%
123	Разработчик теории систем автоматизации	3	9	2	9	29%	33%
158	«Росатом»	4	8	7	12	32%	37%

1. Оценивание групп

Подход 3. Группируем компетенции.

- Каждую компетенцию рассматриваем как вектор из оценок разных студентов.
- Разбиваем компетенции на кластеры (используем k-means, agglomerative clustering).
- В каждом кластере считаем средний результат.

Результаты:

- **Преимущество 1** — охватывается взглядом.
- **Преимущество 2** — не требует профессиограмм.

Кластер	Компетенции	МИФИ - А7	МИФИ - Ф7
1	(989) Способность написать рабочий программный код (991) Способность разобраться в программном обеспечении и работать на нем (как пользователь) (1007) Способность предложить инструмент для решения задачи (1044) Способность инвестировать свое время в развитие других сотрудников (y)	0,43	0,8
2	(1040) Способность к ведению переговоров (1053) Способность к аргументированной защите своей позиции (p)	1,03	1,34
3	(1022) Способность оперировать знаниями о природе радионуклидов и излучений и их взаимодействии с живыми организмами (1023) Способность оперировать знаниями о природе излучения и его воздействиях (1347) Способность оперировать знаниями по безопасности и контролю в области ядерных материалов	0,58	0,28
4	(974) Способность получать информацию из различных внешних источников (не эксперимент) (976) Способность к оптимизации (978) Способность к обобщению, анализу, систематизации, видению взаимосвязей (979) Способность к анализу и прогнозированию (981) Способность к стратегическому планированию (983) Способность к тактическому планированию (984) Способность делать обоснованные выводы (1024) Способность организовать процесс труда (1030) Способность к оценке наличных ресурсов и управлению ими (1042) Способность к созданию альянсов, коалиций и организация партнерского взаимодействия (y) (1050) Способность проявлять настойчивость, не отступаться (p) (1057) Способность оперировать знаниями в области экономики	1,3	1,58
5	(1009) Способность работать с математическими моделями	0,53	0,79
6	(1029) Способность к финансовому управлению	1	0,74
7	(980) Способность ставить конкретные задачи, предлагать и выбирать пути решения в условиях неопределенности (1025) Способность организовать работу коллектива (взаимодействие людей) и управлять им (1031) Способность добиваться результатов (1036) Способность к управлению временем (p) (1037) Способность к эффективной коммуникации (1041) Способность ставить цель и доносить ее до команды (y) (1049) Способность ставить амбициозные цели, рисковать (p)	1,29	1,54
8	(982) Способность обрабатывать экспериментальные данные (1004) Способность разбираться в новой технике и управлении ею (1006) Способность работать с измерительными приборами и монтажным инструментом (y) (1350) Способность работать с микропроцессорными системами	0,93	0,76
9	(1032) Способность к управлению рисками	0,89	0,74

2. Упрощение набора компетенций

Задача 2. Упрощение набора компетенций, используемого для оценивания.

2. Упрощение набора компетенций

Что ищем:

- 1. Зависимость первого рода — синоним:**
 - «Способность добиваться результатов».
 - «Умение доводить работу до результата».
- 2. Зависимость второго рода — вложение:**
 - «Эффективное распределение ресурсов в проекте».
 - «Способен разрабатывать варианты управленческих решений и обосновывать их выбор на основе критериев социально-экономической эффективности».

2. Упрощение набора компетенций

Подход 1. Метод главных компонент.

- Работает на малом количестве компетенций (до 15).

Подход 2. Кластеризация компетенций.

Качество кластеризации оценивается экспертами.

- Одобряемые экспертами кластеры почти всегда состоят из 2-х компетенций.
- **Недостаток** — приходится перебирать большое количество кластеров, чтобы получить результат.

2. Упрощение набора компетенций

Подход 3. Метод поиска синонимов и категорий.

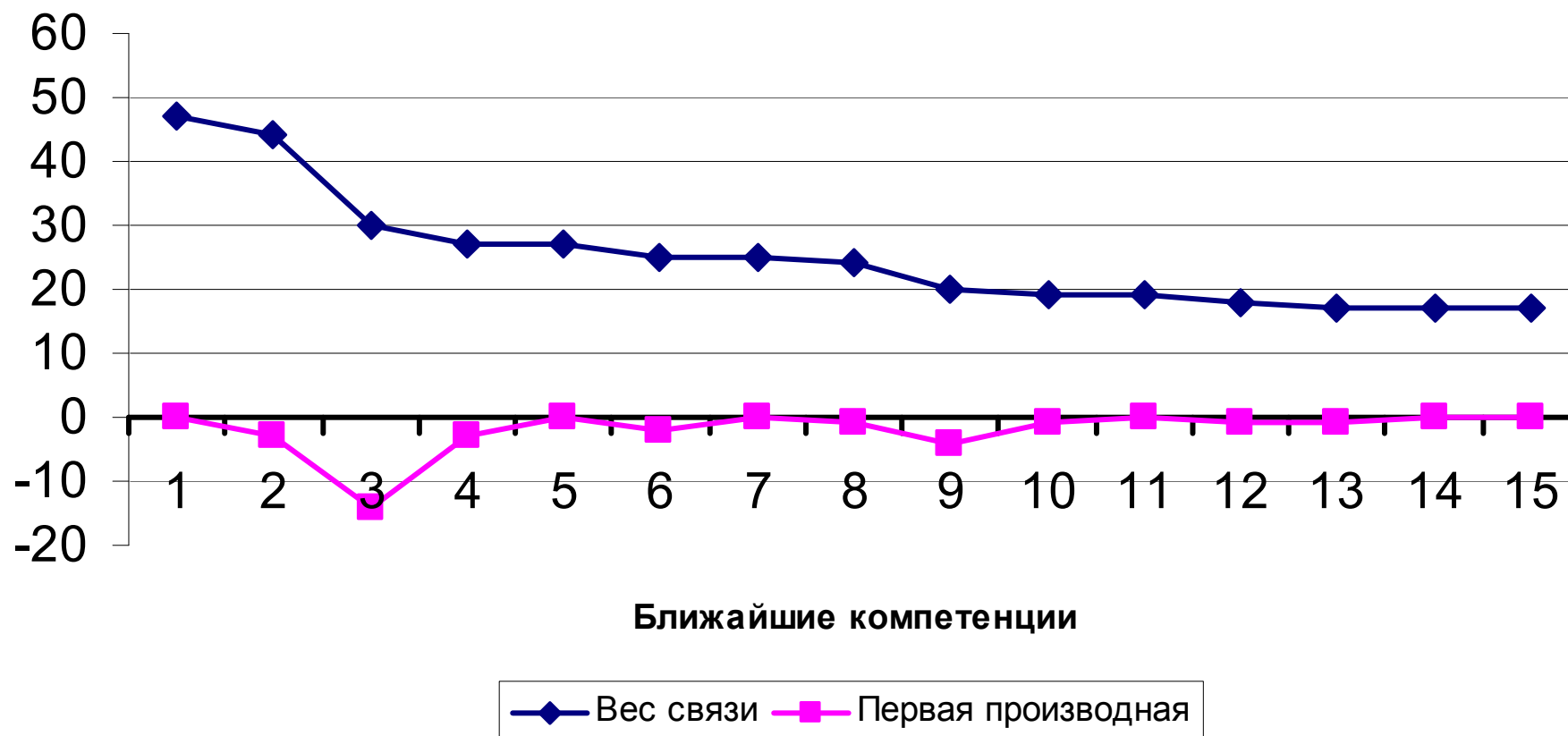
Синонимы:

- Ищем 10 ближайших компетенций к каждой компетенции (угловая метрика близости).
- Для компетенции А берём самую близкую компетенцию — Б.
- Если А есть в списке 10 ближайших к Б — это синонимы.

2. Упрощение набора компетенций

Подход 3 (продолжение).

Категории:



2. Упрощение набора компетенций

Подход 3 (продолжение).

Категории:

- Для каждой компетенции упорядочиваем остальные по степени близости.
- Ищем первый пик 1-й производной.
- Он должен быть высоким по отношению к другим пикам.
- Если это выполняется, всё, что левее пика, — категории.

2. Упрощение набора компетенций

Подход 3 (продолжение).

Результаты на примере набора компетенций, используемого для оценки студентов МИФИ (116 оцененных компетенций):

- Найдено 25 пар-категорий (на 8 больше, чем в подходе 2).
- Найдено 3 пары-синонима (подход 2 их «не заметил»).
- На каждую найденную пару пришлось просмотреть около 3 «фальшивых» (уровень шума — 3 : 1).
- **Преимущество** — уровень шума уменьшен в ≈ 3 раза.
- **Кроме того**, анализ найденных пар позволяет найти неочевидные компетенции для объединения.

3. Структура группы студентов

Задача 3. Исследование структуры группы студентов.

3. Структура группы студентов

Предложенный подход. Кластеризуем студентов.

- Каждого студента рассматриваем как вектор из его результатов.
- Те же методы кластеризации: k-means (работает лучше), agglomerative clustering.
- Для нахождения специализации кластера необходимо вычесть средний уровень (для профессиограммы или компетенции) по всем кластерам.

3. Структура группы студентов

Предложенный подход (продолжение).

Результаты:

1. **Результат 1** — понимание структуры рассматриваемой группы.
2. **Результат 2** — обнаружение «потерянных» профессиограмм.

ИТОГИ

Итоги работы:

- Предложено решение трёх актуальных задач, возникающих при оценивании компетенций.
- Предложенные решения протестированы на реальных наборах данных.
- Разработано ПО, на котором можно повторить исследования на новых наборах данных.

Вопросы

Ваши вопросы